

纵向岭谷区生态系统变化及 西南跨境生态安全研究进展 ——2006 年 973 计划项目学术研讨会纪要

何大明¹, 吴绍洪², 欧晓昆¹, 彭 华³, 崔保山⁴

(1. 云南大学亚洲国际河流中心, 昆明 650091; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101;
3. 中国科学院昆明植物研究所, 昆明 650204; 4. 北京师范大学环境学院, 北京 100875)

国家重点基础研究发展计划 (973 计划) 项目“纵向岭谷区生态系统变化与西南跨境生态安全”实施 3 年来, 围绕以云南西部为主体的纵向岭谷区特殊环境下的“通道—阻隔”作用、生态系统多样性时空格局变化及其驱动力、生态系统的特征成分与稳定机制、重大工程建设的生态效应、跨境生态安全及综合调控等开展了综合研究, 取得了“研究创新、跟踪国际科学前沿、服务国家重大目标”的突出成就。2006 年 10 月 24~26 日, 在云南腾冲县组织召开了大型学术研讨会, 交流的主要最新研究进展如下。

1 纵向岭谷区“通道—阻隔”作用及其生态效应

1.1 地形阻隔作用与大气环流

对夏季印度洋和太平洋水汽交汇区的季节变化研究发现, 6 月份水汽交汇区位于太平洋上的菲律宾附近, 呈纵向分布; 7 月水汽交汇区到达我国大陆沿海地区; 8 月份则分为两段, 西段呈纵向位于 97.5 °E 附近的纵向岭谷区, 东段位于菲律宾附近。8 月份水汽交汇区位于 97.5 °E 附近并呈纵向分布明显是受到纵向岭谷区的地形“东西阻隔”效应所致。

1.2 地形通道与区域水热纵向输送

雨季西南夏季风的水分、热量沿山谷由低纬度、低海拔地区向高纬度、高海拔地区不断输送。6 月沿怒江河谷的水汽输送值高达 $764 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, 沿澜沧江河谷逆江而上的水汽输送值为 $313 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。雨季多雨年和少雨年的可降水量差别不大, 但降水却存在显著的差异, 这主要与纵向岭谷区的特殊地形通道有关。

1.3 “通道—阻隔”作用与区域气候分异

区域地形的“南北通道”和“东西阻隔”效应明显, 地形对区域降水具有双重影响, 既有对水汽输送的阻挡作用, 也有因地形抬升的加强作用; 纵向岭谷区冬季温度和夏季降水呈经向分布, 而冬季降水和夏季温度呈纬向分布; 山脉—河谷走向对降水空间分布起着重要的控制作用, 顺应河谷方向上降水的空间自相关距离大; 而在河道垂直方向上降水的空间自相关距离小。

1.4 区域河川径流产汇流分异

纵向岭谷区的山区河流降雨径流关系是一组以土壤含水量为参数的线性非直线的关系; 稳定下渗率是随净降雨强度变化的一个非定值, 汇流参数与暴雨强度、流域地理特征量之间呈指数规律变化, 产流量与雨强的相关性低。同一雨量时, 以红河下段、盘龙河及西洋江区径流量最大; 红河上段、龙川江、黑惠江、怒江下段、澜沧江中段及南汀河区最小; 其他介于两者之间。

1.5 澜沧江河道水温

澜沧江上游河道南北向水温变化较大;澜沧江代表站点的河道水温近年呈下降趋势,而下湄公河河道水温却呈上升趋势,说明受到巨大的南北向气候差异的影响,干流河道上下游的水温变化梯度大、变化趋势也不一致。

1.6 通道—阻隔作用与植被生态效应

受特殊地形的“通道—阻隔”作用影响,纵向岭谷区植被空间分布与温度和降水之间的相互关系与传统的植被地带性规律存在显著差别,空间分布规律是纬度地带性、经度地带性和垂直地带性共同作用的结果;植被与温度、降水的高相关区域主要出现在较低海拔、高差相对较小的西南部和东部区域范围内,而低相关区域则可能与纵向岭谷区内干热河谷的分布以及特殊地形条件有关。与我国同纬度相邻地区相比,纵向岭谷区NPP值总体偏高,高生产力等值线明显向北突出,反映了纵向岭谷“水热输送通道”对水热分布和植被生产力分布格局的影响。如伊洛瓦底江、怒江、澜沧江的南北向“并流”河谷,NPP的高值线基本在河谷内部沿河道两侧“流动”,与山脉的“湿舌”分布区域相一致。利用半变异函数法分析区域植被的空间异质性,发现纵向岭谷区植被参数在区域呈现负的空间自相关,各参数的各向异性自相关程度均表现为南—北较高,东南—西北次之。对纵向岭谷区25个气象站点1982~2000年间的年均温度、年降水和植被指数NDVI的相关分析表明,西南纵向岭谷区的植被随温度和降水的变化存在显著的“时滞效应”;植被对温度和降水变化反映最敏感的时间组合可以归纳为“雨热同期、雨先热后和热先雨后”三种类型;植被对温度变化反应的敏感程度在空间上形成了数个不连续的高相关中心和低相关中心;而在研究区北部福贡—维西县和南部河口—屏边县形成植被对降水的两个低敏感区,沿纵向岭谷方向形成了两条高敏感带。

2 纵向岭谷区生态系统格局及其变化规律

2.1 区域古环境演变

希夏邦马峰高山栎化石点代表的古海拔高程在2500~3600 m之间,表明上新世以来希夏邦马峰地区上升了2100~3400 m。而中新世南木林乌龙组上下两段的化石组成所代表的古地理有所不同,下段所代表的古海拔为2500~3000 m,上段所代表的古海拔为2800~3000 m,故自中新世以来该地区至少抬升了1300 m,表明纵向岭谷区的形成与喜马拉雅的抬升是同步的。

2.2 区域土地利用时空变化

1980~2001年间,纵向岭谷区的区域土地利用变化主要表现为草地锐减、耕地增加、林地稳定;草地向耕地转化是区域土地利用方式的主要转移方向。区域土地利用程度的总体水平较低,土地综合动态度的区域差异明显,多数行政县林地垂直重心下降,耕地和草地的垂直重心提高,耕地坡度增加;耕地相对变化率的分布规律与城镇相对变化率、土地综合利用动态度在空间分布上是一致的。在纵向岭谷中部地区,林地转变为农业及城镇用地导致该地区土地利用程度的提高。1986~2000年间,纵向岭谷区的居民及工矿用地增加了13.18%,草地增长了1.65%,林地减少了0.69%;如果从变化面积上看,林地变化面积最大,14年来减少1287.69 km²;从变化区域差异来看,中部、西南部变化较西北部、西部和东南部剧烈。在海拔低于2000 m的地区,土地利用变化最显著,变化总面积达到13905.28 km²,占土地利用变化总面积的68%;土地利用变化主要发生在坡度15°~25°的地区,变化面积占变化总面积的40%。

2.3 热带季节雨林和中山湿性常绿阔叶林热值及能量分配格局

西双版纳热带季节雨林样地的平均热值是18586.61 J·g⁻¹,从乔木层到草本层,热值

有下降趋势, 其中乔木层和灌木层都显著高于草本层 ($P < 0.05$), 乔木层和灌木层的差异在 0.05 水平上不显著; 哀牢山中山湿性常绿阔叶林样地的平均热值是 $19431.97\text{J}\cdot\text{g}^{-1}$, 高于西双版纳热带季节雨林, 乔、灌、草、地被层之间热值差异极显著 ($P < 0.001$), 仍然是乔木层平均热值最高, 草本层最低, 但是藤本层略高于灌木层。

2.4 区域生态安全评价

基于地域差异性原则、生态破坏与经济相关性的原则、综合性原则、科学性原则、可表征性及可度量性原则和可操作性原则, 依据“压力—状态—响应”(PSR: Pressure-State-Response) 框架模型, 构建了由 13 项要素、31 项指标组成的项目区生态安全评价指标体系。运用层次分析法和向量余弦—灰关联法对指标赋予权重, 应用综合指数法对研究区的状态、压力、响应分别进行评价, 最后综合评价研究区的生态安全状况, 结果表明纵向岭谷区生态安全处于中等水平, 全区 14 个地(州、市)中 1 个地区生态安全状况较好, 10 个地区生态安全状况中等。

3 纵向岭谷区生态系统变化的驱动力及关联效应

3.1 区域土地利用和覆盖变化的自然影响因子

1998 年的区域 NDVI 累积值与其标准差之比 NDVI ratio 研究表明, 在区域大尺度范围内, NDVI ratio 与气象因子和土地利用状况具有较好的对应关系, 而与该区的人口密度有显著负指数回归关系, 人口密度可作为衡量人为干扰强度的指标。海拔和水系对人口密度影响最为强烈, 二者是制约该区土地系统时空变化最重要的自然因子。该区海拔因子影响下的土地利用空间分异可分为低海拔干扰加强区、中海拔干扰稳定区、中高海拔干扰减弱区以及高海拔干扰易变区四个类型。

3.2 区域土地利用和覆盖变化的社会驱动力

纵向岭谷区的县域统计数据 PCA 分析表明, 投入产出强度、社会经济发展水平、自然灾害干扰强度和生产者素质是区域土地利用/土地覆被变化的 4 类主要社会经济驱动因子, 并在空间上表现出一定的区域分异规律。该区农业经济发展是促进农村城市化进程的主要动力; 在其中部地区, 林地转变为农业及城镇用地的过程是该地区土地利用程度提高的主要原因。

3.3 森林演替过程中优势树种的种子萌发及幼苗更新对环境因子的响应

纵向岭谷区南部(西双版纳)干、湿季明显的气候特征决定了高度种子干燥敏感性的繁殖策略和种子的不同萌发特性, 是群落更新演替以及生态位分化的前提。种子萌发特性对光的响应与树种在群落结构中的地位以及不同的繁殖策略具有相关性。光和土壤水分的权衡决定了树种在该区季节雨林中的重要地位。

3.4 林下植被与土壤种子库物种组成的边缘效应及其对干扰的响应

西双版纳林下植被的边缘位置效应和边缘距离效应都很显著, 土壤种子库则只有显著边缘位置效应; 二者的物种组成相似性从林外向林内逐渐降低, 异质性成分和次生种在不同边缘位置的存在相对同质。异质性成分对土壤种子库的侵染明显比地上植被更深入林内。把物种划分为 4 个边缘反应功能群, 其中侵入反应功能群、增殖反应功能群和衰退反应功能群具有对产生和维持边缘的干扰的指示作用。

3.5 紫茎泽兰 (*Ageratina adenophora*) 入侵对农业生态系统的影响

紫茎泽兰是西南地区严重的外来入侵植物, 对农业生态系统的影响很大。通过栽培试验研究显示, 农作物和紫茎泽兰的生长都能够增加酸性土壤 pH 值, 从而改善了土壤条件。但农作物如大豆的种植导致土壤 pH 的增加程度高于紫茎泽兰对土壤的影响; 二者的混栽试验表明, 紫茎泽兰的生长降低了栽培大豆土壤的 pH 值, 从而能通过影响土壤酸碱

度而在一定程度上降低大豆根瘤菌的活动,影响大豆的生长;相对于农作物而言,紫茎泽兰对土壤有机质的消耗明显较低;紫茎泽兰的生长降低了土壤全 N 和 K 的含量,尤其在与作物混栽时,导致土壤中有效态 N 和速效 K 更多的被消耗;紫茎泽兰同时还通过地上部分和根系生长的作用抑制农作物的生长,降低了农作物的产量。另外,观察发现与紫茎泽兰混栽的农作物开花结实较早,相对于单栽的农作物,提前完成其生活史。

3.6 土地利用变化所导致的生态系统功能变化

采用陆地卫星影像数据并结合生态价值系数定量研究屏边苗族自治县的土地利用变化及生态系统服务功能,发现在 1973~2004 年时段,森林和草地逐渐转化为农业用地和灌木地,导致该区域生态系统服务功能从 1978 年的 124×10^6 美元减少到 2004 年的 100×10^6 美元;该区域热带森林的减少是生态功能降低的主要原因。

3.7 环境污染的植物指示

对植物钉头果 (*Asclepias physocarpa*), 利用活性炭吸附其易挥发性气体并进行 GC/MS 分析, 分离鉴定出 benzoic acid ethylester (1)、2,6-di-tert-butyl-p-benzoquinone (BHT-quinone) (2) 和 3,5-di-tert-butyl-4-hydroxybenzaldehyde (BHT-CHO) (3) 三种化学成分。后两种是有机污染物质, 是抗毒素 2,6-di-tert-butyl-4-methylphenol (BHT) 的降解产物。因为自然植物体中不含有这两种天然物质成分, 所以钉头果果实里面的这两类挥发性气体应来源于区域地下水、湖水或雨水。因此, 钉头果可作为指示植物用于监测项目区遭受同类污染的生态系统。

3.8 公路建设的生态效应及生态系统适宜性

以纵向岭谷区 79 个县(市)为研究对象, 利用生态足迹法研究其区域生态承载力及动态变化。结果表明, 北部区 ($> 4.00 \text{ hm}^2/\text{人}$) $>$ 南部区 ($2.01\sim 4.00 \text{ hm}^2/\text{人}$) $>$ 中北、中南区 ($1.00\sim 2.00 \text{ hm}^2/\text{人}$) $>$ 中部区 ($< 1.00 \text{ hm}^2/\text{人}$); 生态承载力与各县市道路总密度负相关, 相关系数为 0.7206。基于新提出的生态价值校正系数, 分析了不同公路网络情景下的该区生态系统服务功能价值的变化, 结果表明: 生态系统服务价值随着公路网密度的增加呈下降趋势; 在所有公路网络情景下, 其生态系统服务价值比不考虑公路影响下的服务价值下降了近 1/3。

3.9 高黎贡山北段羚牛生境丧失与退化

近 30 年来羚牛生境格局的定量分析与羚牛生境质量评价, 结果表明: 无人类活动影响下, 羚牛可在研究区内大部分地区生存, 但在人类活动影响下, 最适宜羚牛的生境大面积消失, 生境丧失比例逐年增加。

4 纵向岭谷区生态系统特征成分与稳定性机制

4.1 高原阔叶林与针叶林过渡带间的特征成分十齿花 (*Dipentodon sinicus*) 的保护策略

根据对项目区及比邻地区十齿花单倍型的地理分布、遗传距离和分子变异分析 (AMOVA) 的结果, 划分了 4 个进化显著单元 (ESUs, A-D), 明确其演化关系并提出其保护策略。祖先的进化显著单元 B (贡山、福贡 1、福贡 2) 应该给予最优先的保护; 对于分化最大的进化显著单元 D (麻栗坡、惠水、雷山、从江、田林、融水, 包括境外的越南) 中的惠水和雷山及境外越南居群应受到重点保护; 最晚分化的进化显著单元 A (元江、彝良、安龙), 每个居群各自拥有不同的单倍型而应分别进行就地保护; 进化显著单元 C (腾冲、云龙、泸水) 由于与祖先进化显著单元 B 的单倍型最接近, 因而可以最后保护。

4.2 高原毒药树 (*Sladenia celastriifolia*) 种群的人为干扰—衰退与保护

毒药树是该区高原季风常绿阔叶林和半湿润常绿阔叶林中的重要特征成分, 日益严重的人为干扰导致该种群数量特征发生了明显变化。通过对严重受干扰和未受干扰的两

个种群的年龄结构、静态生命表和存活曲线的比较研究发现, 严重受干扰种群的幼苗库相对不足, I 龄级个体数比例为 12.7%, II、III、IV 龄级个体数所占比例为 80.3%, 种群衰退趋势明显; 未受干扰种群幼苗库相对充足, 年龄结构呈现稳定种群的特征。这两个种群的生命表也存在差异, 其中最明显的就是严重受干扰种群的 I、II 龄级的死亡率为负, 表明其幼苗库不足。两个种群的存活曲线都表现出低龄级个体死亡率高的特征, 但未受干扰种群各龄级个体的死亡率的变化幅度较小。虽然毒药树还未被列为受威胁物种, 但已具备世界自然保护联盟(IUCN)所定义的受威胁物种特点, 对它的保护已十分必要。

4.3 纵向岭谷区北段高山流石滩特征成分水母雪兔子 (*Saussurea medusa*) 生理生态特征

通过对水母雪兔子原生地(德钦县白马雪山垭口海拔 4600 m 处)连续两年的野外试验和观察, 发现其的厚实被毛起着升温和保温作用, 并在生长季防止过多的水分对繁殖器官的侵蚀。基于实验室风洞试验, 利用光谱仪等对水母雪兔子的被毛热力学以及光学特性进行了测量比较, 发现该厚实被毛还具有很好的反射特性, 对其抵御高山环境中极强的入射光辐射有着十分显著的作用。棉毛植物特有的厚实被毛的功能和适应意义体现在适应高山环境中低温、高湿度和高强光照辐射三个方面, 是这些环境胁迫因素综合作用的一个高度特化性状。

4.4 云南江河特有鱼类云南倒刺鲃 (*Spinibarbus yunnanensis*) 的生态学特征

相对于中华倒刺鲃(*S. sinensis*)和倒刺鲃(*S. denticulatus*), 云南倒刺鲃生长缓慢。同样是 500 g 的个体, 倒刺鲃和中华倒刺鲃需要 2 年, 而云南倒刺鲃则需要 4~5 年, 这与它们所处的栖息地不同密切相关。云南倒刺鲃个体发育早期生活的浅水区饵料贫乏, 竞争激烈, 饵料不能满足其在生长发育时期对营养的需求, 食性逐渐由以丝状藻类为主转为以水草为主, 在其食性的转换过程中出现副轮。因此, 云南倒刺鲃 2~3 龄的个体在鳞片和背鳍条磨片上较规律地出现副轮的现象主要与其食性的转换有关。云南倒刺鲃的绝对繁殖力为 1909~13834 粒, 相对繁殖力为 3~29 粒/g。雄性初次性成熟全长 238 mm, 相应年龄为 3 龄, 雌性初次性成熟全长 317 mm, 相应年龄为 4 龄。与生活于江河中的多数同属鱼类相比, 云南倒刺鲃的相对繁殖力和绝对繁殖力均较低, 这一特点主要是受生态系统中食物等因素的影响而形成的。另一方面, 繁殖群体中有较多的雄性可以提高卵粒的受精率, 同时种群中较多的雌性, 均可使得种群保持较大的繁殖力, 这些特点可能是对繁殖力下降补偿性适应的结果。从渔获物组成来看, 由于捕捞等人类活动的加剧, 大个体样本的大量减少, 也是造成云南倒刺鲃的相对繁殖力和绝对繁殖力都较低的一个重要原因。

4.5 纵向岭谷区中段的黑长臂猿分布与行为生态学特征

黑长臂猿(黑冠长臂猿, *Nomascus concolor jingdongensis*)主要分布于我国云南。在黑长臂猿所有亚种内, 无量山的种群数量最大。基于“监听鸣叫行为”和“访查当地居民”法, 对无量山 98 个长臂猿的野外种群数量和分布调查, 发现无量山东坡向南面区域的群体数量超过西坡朝北面区域的群体数量, 在西坡的分布更分散。2003 年 8 月~2005 年 8 月, 对无量山大寨子 5 个黑长臂猿群体的结构和组成的观察发现, 每个群体都由 1 个成年雄性、2 个成年雌性及其后代组成; 2003 年 8 月平均群体大小为 6.2 只, 到 2005 年 8 月, 平均群体大小发展为 6.4 只, 其中有 2 个亚成年雄性从出生群迁出, 且有 3 只幼猿出生; 在 3 个群体(G1、G2 和 G3)中两个成年雌性都成功繁殖了后代; 同一群体内两个成年雌性间无攻击或等级行为; 2005 年 4 月 15 日, 当一只亚成年雌性进入 G3 的领域后, 两只成年雌性对其进行追逐驱赶, 并且干扰其与成年雄性配合进行二重唱, 成年雄性没有直接驱赶流浪的亚成年雌性, 10 天后这只亚成年雌性离开了 G3 的领域; 亚成年雄性经常与群体其他成员保持一定距离, 并且在出生地通过独唱练习鸣叫; 黑长臂猿可能通过亚成年雄性和雌性的迁出, 及成年雌性对外来流浪雌性的驱赶维持这种“一夫二妻”的群体

结构。20 世纪 50~70 年代的森林砍伐所导致的栖息地丧失和捕猎是当地长臂猿种群数量下降的最关键的因素。利用最近邻体法和 Heygi 单木竞争指数模型对两个种群的分布格局和竞争情况分析表明, 栖息地植物为旱冬瓜 (*Alnus nepalensis*) 的种群, 其龄级结构为衰退型, 为潺槁木姜子 (*Litsea glutinosa*) 的种群则为成长型。

5 纵向岭谷区澜沧江水电梯级开发的生态效应及跨境影响

5.1 澜沧江干流水电开发的跨境水文效应

利用澜沧江干流水文站 1950s 以来的月径流系列、干流 8 个水电梯级开发方案的关键指标等数据, 综合分析了干流水电大坝建设的跨境水文效应。结果表明: 澜沧江—湄公河沿途河川径流的变化复杂多样, 现有澜沧江水电大坝只是众多驱动力中的一个, 不是主驱动力; 澜沧江已建大坝对下湄公河径流变化有明显的影响主要在日平均变化时间尺度上, 并集中在万象以上的干流狭窄河段; 在几天以上变化的主要影响因素是气候变化; 在允景洪水文站以下到出境点, 有高达 $113.7 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、占澜沧江出境多年平均径流量 15.44% 的径流量不受现有水电梯级开发影响; 小湾和糯扎渡电站建成后, 可使梯级电站对澜沧江径流的季节调节能力达 100%、年度调节能力达 23%, 对河川径流的年内分配将有明显影响, 要特别关注; 出境水质稳定, 不会对下湄公河流域造成负面影响。

5.2 澜沧江—湄公河水文过程的多尺度关联

利用澜沧江允景洪站和湄公河清盛站 1986~2004 年逐日水文观测数据进行多尺度关联分析, 结果发现: 澜沧江—湄公河上下游水位年际变化变化趋势是一致的, 都含有一个准 9 年和准 11 年的演变周期, 这说明该流域上下游水位的长期变化主要受到包括降水、太阳活动等大环境因素影响; 两站之间大量的区间入流是导致澜沧江和下湄公河特征水位变化的明显差异的一个重要因素, 年平均区间来水径流量占清盛站年径流量的 31%; 对于日平均最大流量, 区间增量占清盛站最大流量 45%; 对日均最小流量, 区间增量占清盛站的 26% 以上。

5.3 梯级水电开发情景下河道生态需水时空分布规律

受澜沧江中下游梯级水电站影响, 澜沧江中游段河道生态需水量无论年内还是汛期、非汛期都与上游和下游的河道生态需水无法形成一定的连续性, 呈现汛期偏低、非汛期偏高的趋势, 河道生态需水量占多年平均实测径流量的比率从非汛期的 35% 至汛期 65%; 汛期与非汛期澜沧江中游河道生态需水差异显著, 按照逐月河道生态需水量分析, 最大月是最小月需水量的 8 倍。最小、适宜和理想生态需水量分别占澜沧江多年平均径流量 ($765 \times 10^8 \text{ m}^3$) 的 17%、27%、48%。

5.4 梯级水电开发情景下河道生态服务功能变化

澜沧江干流水电开发生态环境经济损失分析表明, 漫湾水电工程的生态环境成本 (4.8 亿元/a) 是生态环境效益 (0.66 亿元/a) 的 7.3 倍, 而梯级开发的生态环境成本 (34.86 亿元/a) 是生态环境效益 (10.31 亿元/a) 的 3.4 倍, 表明梯级电站的建设可以从单位面积上削减生态环境成本的压力, 增加生态环境效益。但梯级开发下的环境影响的净现值 (-24.54 亿元/a) 是单个漫湾电站建设下的 5.19 倍, 从整体上增加了环境压力。

5.5 澜沧江干流水电开发的下游泥沙响应

利用澜沧江和下湄公河上下游两个紧邻的干流水文控制站允景洪水文站和清盛水文站 1987~2003 年实测泥沙序列, 进行含沙量月序列过程线对比以及年序列相关回归分析、因果关系检验研究。结果表明: 两站的来沙响应趋势不一致, 这主要是因为泥沙的沿程沉降过程以及补给情况不一造成的; 两站年平均、年月平均最大、最小泥沙含量相关系数分别为 0.689、0.397 和 0.509, 对应关系规律不强, 线性回归拟合程度不高, 年月平均

最大序列回归决定系数仅为 0.158, 未能通过 5% 的置信水平, 年平均和年月平均最小值分别为 0.474 和 0.260; 时间序列 Granger 因果关系分析也表明了允景洪年平均、年月平均最小悬移质泥沙含量与清盛年平均、年月平均最小悬移质泥沙含量在 5% 和 10% 的检验水平下, 虚拟假设均成立, 证明两站年平均、年月平均最小泥沙变化没有明显的因果关系; 过去的一些研究, 将下湄公河泥沙变化的主要驱动力归之为澜沧江干流电站建设, 缺乏充足的科学依据。

5.6 澜沧江水电梯级开发与洄游鱼类生态系统变化

澜沧江—湄公河在琅勃拉邦以上干流多为峡谷型河段, 急流多, 鱼类物种多样性丰富。在已发现的澜沧江 130 种土著鱼类中, 列入中国濒危动物红皮书 (鱼类) 的就有 14 种, 占总数的 15.22%。在澜沧江下游, 来自下湄公河的一些长距离生殖洄游种类在每年洪水季节上溯到勐松一带, 再沿着补远江上溯到勐仑或勐纳伞一带产卵。这些支流是洄游性芒科鱼类从下湄公河到澜沧江的主要产卵区。2006 年 3~9 月在澜沧江下游支流补远江共采集到鱼类 45 种, 隶属于 3 目 9 科 30 属, 占澜沧江鱼类总种数的 34.62%。其中可能来自于下游的洄游型主要经济种有 8 种。南腊河分布有 67 种鱼类, 是澜沧江鱼类种类最丰富的大支流。因此, 勐松电站的建设要谨慎, 补远江上不能再建任何电站。在这两条支流建立鱼类自然保护区, 具有保护下游洄游性鱼类和土著鱼类的功能。